

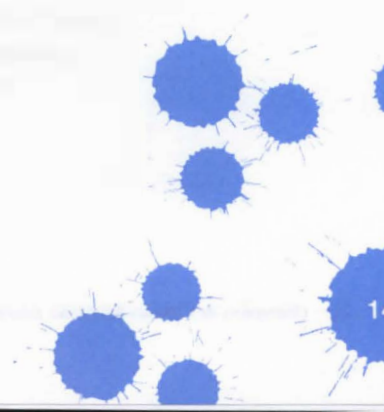
Quelle intensification agro-écologique pour contrôler les bio-agresseurs dans les systèmes horticoles ?

Contexte et cadre de réflexion

Sylvaine Simon
Magalie Lesueur-Jannoyer

1. La réduction de l'utilisation des pesticides :
un enjeu stratégique pour les systèmes horticoles p. 146
2. Une approche systémique pour aborder la complexité p. 147
3. Le contrôle des bio-agresseurs :
des processus et modes d'action diversifiés p. 148
4. Vers une approche intégrée de la (re)conception
de systèmes horticoles avec l'agro-écologie p. 151

Références citées p. 154



1. La réduction de l'utilisation des pesticides : un enjeu stratégique pour les systèmes horticoles

S'affranchir des pesticides (et plus généralement des intrants) est un enjeu stratégique pour la production de fruits et légumes de qualité.

Les systèmes horticoles sont des systèmes fortement dépendants des intrants chimiques, qui visent des niveaux de productivité élevés et dont les produits frais sont évalués à l'unité, en particulier sur leur aspect : les normes commerciales appréciées à l'échelle individuelle (calibre, coloration, teneur en sucres, résidus de pesticides...) conditionnent leur rémunération. Ces systèmes sont pour la plupart issus du modèle agrochimique avec des choix de conception, des techniques, des critères de sélection variétale... intégrant largement les options chimiques (fertilisants, pesticides). La filière horticole est de fait doublement concernée par cet enjeu de réduction de l'utilisation des pesticides : il s'agit de réduire les impacts environnementaux des pratiques de la filière, mais également de préserver l'image de produits frais et sains (Berrie et Cross, 2006).

Dans ce contexte, pour amorcer la transition agro-écologique des systèmes horticoles existants ou en concevoir de nouveaux, quels leviers sont mobilisables pour contrôler les bio-agresseurs ? À quelle(s) échelle(s) ?

2. Une approche systémique pour aborder la complexité

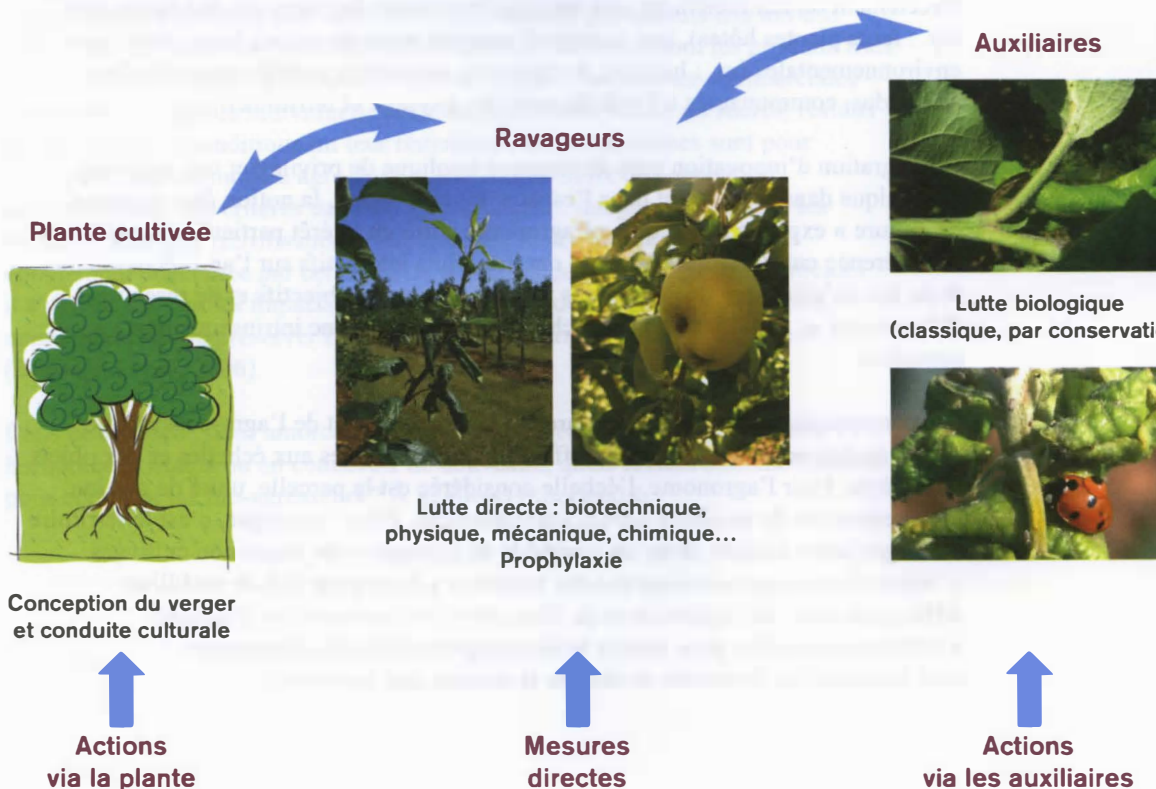
Un levier est entendu ici comme un moyen d'action pour limiter le développement des bio-agresseurs. Il est issu de la compréhension des processus biologiques et écologiques, et prend en compte les dynamiques et les cycles de développement de chacun des maillons du système horticole. En actionnant un levier, on vise à agir, directement ou indirectement, sur les ressources dont disposent les bio-agresseurs (ex. : leurs plantes hôtes), leur cortège d'ennemis naturels et (ou) leurs conditions environnementales (ex. : lumière, température, humidité), à différentes échelles (individus, communautés à l'échelle parcelle, paysage et territoire).

L'intégration d'innovation agro-écologique implique de privilégier une approche systémique dans le temps et dans l'espace. En agronomie, la notion de « système de culture » exprime le fait que « l'agronome porte un intérêt particulier à expliciter la cohérence entre les pratiques, qui ont des effets interactifs sur l'agro-écosystème, et au fait qu'elles sont décidées dans un cadre unique d'objectifs et de ressources » (Meynard *et al.*, 2012). Cette approche systémique est donc intrinsèquement complexe.

Les perceptions du système de culture par un agronome et de l'agro-écosystème par un écologue peuvent être très différentes, souvent liées aux échelles et aux objets considérés. Pour l'agronome, l'échelle considérée est la parcelle, unité de gestion, ou un ensemble de parcelles gérées identiquement. Pour l'écologue, c'est le territoire des organismes étudiés, donc un ensemble de cultures et de zones non cultivées. L'intensification agro-écologique des systèmes a donc pour défi de mobiliser différentes voies de régulation et de faire coïncider un ensemble d'actions à différentes échelles pour limiter le développement des bio-agresseurs dans les parcelles horticoles et réduire le recours aux pesticides.

3. Le contrôle des bio-agresseurs : des processus et des modes d'action diversifiés

Représentation simplifiée des interactions trophiques dans un verger
et des moyens d'action pour limiter le développement des ravageurs



Dans les systèmes horticoles conventionnels, les moyens d'actions mis en œuvre relèvent principalement d'une **action directe** sur les bio-agresseurs via différentes méthodes (moyens physiques, mécaniques, (micro)biologiques, biotechniques, chimiques...). Toutefois, plusieurs processus sont impliqués dans le développement des ravageurs.

■ **Processus via la plante ou « bottom-up »**, qui affectent les niveaux trophiques supérieurs. En les mobilisant, l'objectif est de stimuler différents mécanismes biochimiques et physiologiques de défense de la plante, qui sont généralement sous contrôle génétique (*ex.* : résistance génétique à certains bio-agresseurs) ou de créer des conditions défavorables au développement des bio-agresseurs. La fertilisation, l'irrigation ou le travail du sol induisent des modifications agro-physiologiques de la plante et donc des ressources pour les ravageurs. La modulation de l'architecture de l'arbre par les pratiques culturales (taille) rend la plante plus ou moins difficile à coloniser par certains bio-agresseurs (aspects topologiques), modifie le microclimat au sein du couvert ou de la frondaison (aspects microclimatiques) et (ou) évite la coïncidence spatio-temporelle entre présence d'organes sensibles et présence du bio-agresseur (aspects agro-physiologiques). (Lauri et Normand, p. 155 dans ce livre.)

Ces processus « *bottom-up* » ne se limitent pas à une action à l'échelle de la plante, mais peuvent intervenir à l'échelle du peuplement végétal de la parcelle en culture et de son environnement proche : mélanges variétaux et cultures associées, qui limitent la localisation des plantes-hôtes par des effets de barrière et (ou) de dilution, plantes attractives (plante-piège) ou répulsives, qui détournent les ravageurs de la culture principale (Ratnadass, p. 169 dans ce livre).

■ **Processus via les auxiliaires ou « top-down »**, qui affectent les niveaux trophiques inférieurs. Il s'agira ici de favoriser la lutte biologique et donc de rechercher la présence de populations d'auxiliaires plus nombreux et (ou) plus efficaces. L'effet recherché n'est pas une augmentation de la biodiversité générale, mais celle de la biodiversité fonctionnelle induite, impliquée dans les services de régulation naturelle. Les moyens d'action concernent tout d'abord les pratiques culturales qui doivent préserver les auxiliaires en limitant les effets non intentionnels, soit directs (*ex.* : mortalité suite à l'application d'insecticide non sélectif), soit indirects par la suppression de ressources au sein de la parcelle (*ex.* : suppression du couvert herbacé de l'inter-rang d'un verger d'une parcelle). C'est par ailleurs la diversification végétale de l'agro-écosystème et de ses habitats — et donc

des possibilités de ressources et de refuge — qui permettra de conserver et d'augmenter un cortège diversifié d'auxiliaires. Les processus en jeu, multi-trophiques, sont complexes, et les effets observés en réponse à une diversification végétale, parfois contradictoires : il s'agira de favoriser certains groupes (les auxiliaires) mais pas d'autres (les ravageurs), et de promouvoir les synergies ou interactions positives entre groupes d'auxiliaires tout en limitant les interactions négatives (cannibalisme, prédation entre auxiliaires, concurrence, etc. si leur biologie est très proche). La diversité des traits biologiques (*ex.* : régime alimentaire, cycle biologique) est à rechercher plutôt que la diversité spécifique, afin d'exploiter plusieurs strates ou types de ressources, dans le temps et dans l'espace, avec des modes de prédation et des régimes alimentaires variés (Ratnadass, p. 169 dans ce livre).

Des échelles emboîtées

L'échelle à laquelle se produisent ces différents processus écologiques et de régulation est souvent différente de la parcelle cultivée.

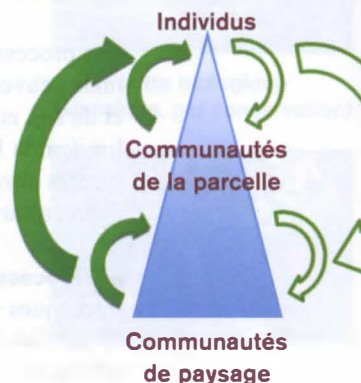
Cette échelle sera :

- différente selon les traits biologiques des ravageurs et de leurs ennemis naturels : capacité de déplacement, exploitation des ressources de différents habitats, mode de vie, mode de prédation...
- liée au paysage et aux pratiques (dont phytosanitaires) dans le paysage et à leur organisation dans le temps.

Ainsi, une approche incluant les échelles précédemment citées est nécessaire pour comprendre et maximiser les processus de régulation dans les agro-écosystèmes. L'écologie du paysage permet de fournir des éléments de compréhension des processus écologiques à différentes échelles spatiales et temporelles : variations des ressources, conditions d'accès à ces ressources... en lien avec la complexité et de l'hétérogénéité du paysage (Lavigne *et al.*, p. 181 dans ce livre).

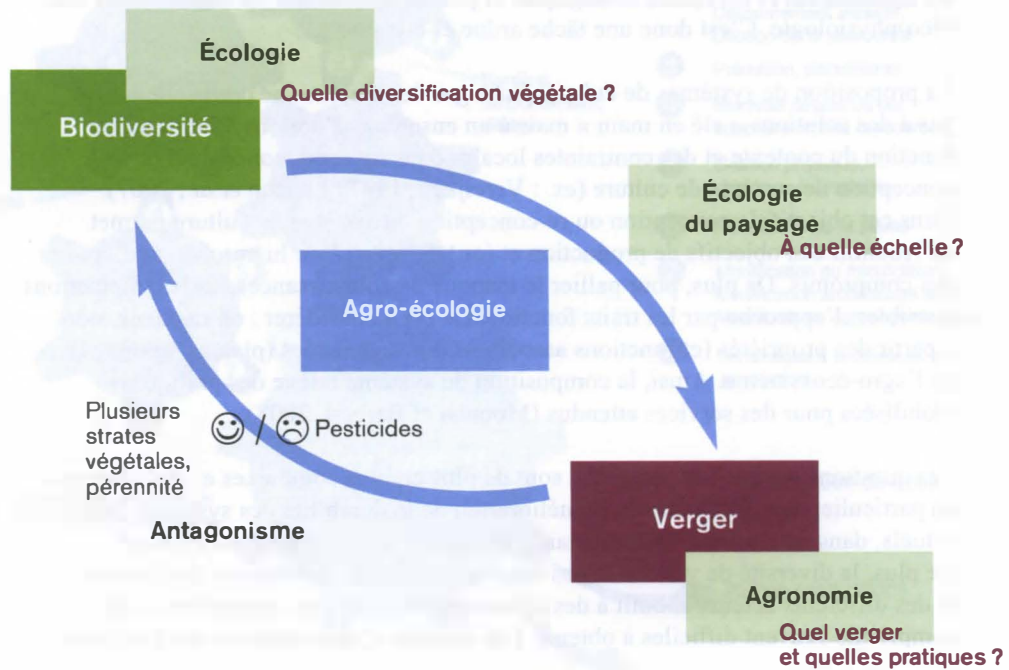
Il est donc nécessaire de travailler la conception de systèmes de culture innovants et économes en pesticides à ces différentes échelles, et en considérant l'ensemble des composantes et pratiques interagissant au sein de l'agro-écosystème (Navarrete, p. 129 dans ce livre).

Échelles emboîtées et interactions



4. Vers une approche intégrée de la (re)conception de systèmes horticoles avec l'agro-écologie

Biodiversité fonctionnelle et conception de système de culture en horticulture (ex. : verger) : atouts, limites et représentation des interactions entre communautés scientifiques



Les systèmes de culture actuels privilégient la production, pas les processus de régulation des ravageurs. Des leviers existent, à différents niveaux, pour limiter le développement des bio-agresseurs et donc les dommages en culture, mais ils reposent sur des processus complexes, peu connus, parfois à efficacité partielle, et requièrent la prise en compte et la gestion de leurs interactions.

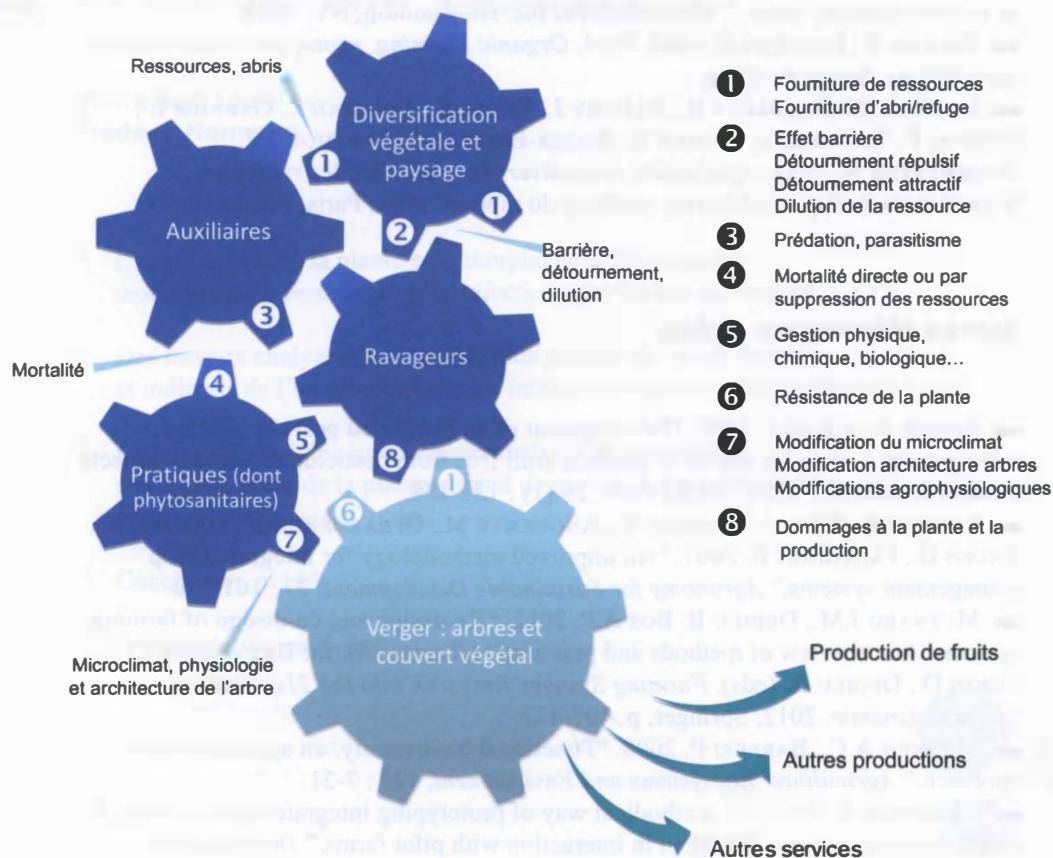
La mobilisation de processus biologiques et écologiques pour limiter les intrants demande donc une *re-conception* des systèmes de production (voir Navarrete, p. 129 dans ce livre). Plusieurs questions se posent alors : quelle combinaison de leviers pour augmenter significativement les régulations naturelles ? Quelle est l'échelle de mise en œuvre de ces leviers ? Comment construire des systèmes de culture sans connaître toutes les interactions (positives et négatives) et tous les mécanismes en jeu ? Une approche systémique dans le temps et dans l'espace sera privilégiée pour la construction d'outils tels que les modèles ou des prototypes. Elle prendra en compte les dynamiques et les cycles biologiques et phénologiques des protagonistes et leur (éco)physiologie. C'est donc une tâche ardue et complexe...

La proposition de systèmes de culture plus agro-écologiques ne correspond donc pas à des solutions « clé en main » mais à un ensemble d'options à mobiliser en fonction du contexte et des contraintes locales dans un cadre conceptuel de conception de système de culture (*ex.* : Vereijken, 1997 ; Lançon *et al.*, 2007). Dans cet objectif, la conception ou re-conception du système de culture permet de redéfinir des objectifs de production et (ou) de revoir leur hiérarchie, et d'étudier des compromis. De plus, pour pallier le manque de connaissances sur les interactions possibles, l'approche par les traits fonctionnels est à considérer : on raisonne alors à partir des propriétés (et fonctions associées) des organismes (plantes, animaux) de l'agro-écosystème. Ainsi, la composition du système relève des pratiques mobilisées pour des services attendus (Moonen et Barberi, 2008).

Les questions posées à la recherche sont de plus en plus complexes et multiformes, en particulier dans le champ de l'amélioration de la durabilité des systèmes horticoles actuels, dans un contexte réglementaire, sociétal et environnemental évolutif. De plus, la diversité de visions et des représentations des différentes disciplines et des différents acteurs aboutit à des attentes et des postures contrastées et des compromis souvent difficiles à obtenir. Les échelles d'appréhension des processus

en jeu (de l'individu au territoire) structurent par ailleurs les outils et font également appel à l'intégration des disciplines. Les méthodes d'analyse et de (co)conception (voir Navarrete, p. 129 dans ce livre) doivent donc être revisitées lorsque des objectifs d'intensification agro-écologique sont fixés aux agro-écosystèmes.

Interactions entre les différentes composantes de l'agro-écosystème et les pratiques en verger



Références citées

Ouvrages de synthèse recommandés

- ALTIERI M.A., NICHOLLS C.I. 2004. *Biodiversity and pest management in agroecosystems, Issue 2*. Haworth Press Inc. Binghamton, NY, USA.
- BELLON S., PENVERN S. (eds). 2014. *Organic Farming, prototype of sustainable agricultures*. Springer, 574 p.
- LE ROUX X., BARBAULT R., BAUDRY J., BUREL F., DOUSSAN I., GARNIER E., HERZOG F., LAVOREL S., LIFRAN R., ROGER-ESTRADE J., SARTHOU J.P., TROMMETTER M. 2008. *Agriculture et biodiversité : valoriser les synergies*. Expertise scientifique collective, synthèse du rapport. INRA, Paris, France.

Autres références citées

- BERRIE A., CROSS J. 2006. "Development of an integrated pest and disease management system for apples to produce fruit free from pesticide residues —aspects of disease control." *IOBC WPRS Bull.*, 29 (1) : 129-138.
- LANÇON J., WERY J., RAPIDEL B., ANGOKAYE M., GERARDEAUX E., GABOREL C., BALLO D., FADEGNON B. 2007. "An improved methodology for integrated crop management systems." *Agronomy for Sustainable Development*, 27 : 101-110.
- MEYNARD J.M., DEDIEU B., BOS A.P. 2012. "Re-design and co-design of farming systems. An overview of methods and practices" (chapter 18). In: DARNHOFFER I., GIBON D., DEDIEU B. (eds). *Farming Systems Research into the 21st century: The new dynamic*. 2012, Springer, p. 407-432.
- MOONEN A.C., BARBERI P. 2008. "Functional biodiversity: an agroecosystem approach." *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 127 : 7-21.
- VEREIJKEN P. 1997. "A methodical way of prototyping integrated and ecological arable farming systems (I/EAFS) in interaction with pilot farms." *Developments in Crop Science*, 25 : 293-308.